

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-230468

(43)Date of publication of application : 24.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G11B 5/39
G11C 11/15

(21)Application number : 2000-039167

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 17.02.2000

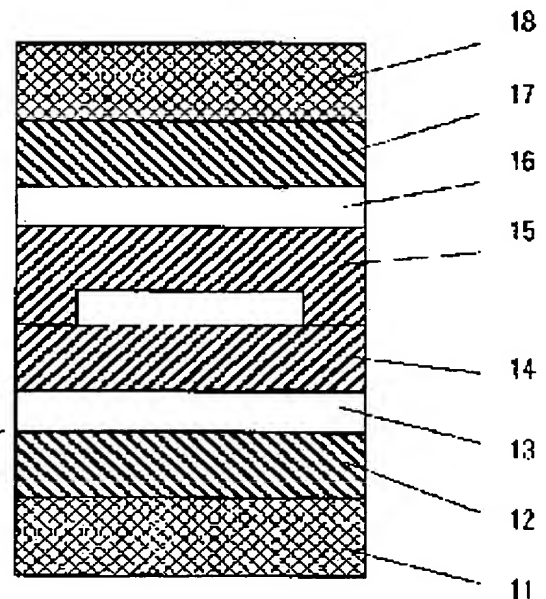
(72)Inventor : MICHIJIMA MASASHI
HAYASHI HIDEKAZU
NAMIKATA RYOJI

(54) MAGNETIC TUNNEL JUNCTION ELEMENT AND MAGNETIC MEMORY USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate a defect that in the conventional laminated magnetic tunnel junction (MTJ) element with a high sensitivity, an influence of a demagnetizing field caused by magnetic poles on both ends of the element becomes larger with the shrinkage of the element since a ferromagnetic layer which will serve as a memory layer is laterally magnetized, eventually causing unstabilized magnetization of the memory layer.

SOLUTION: A closed magnetic path layer 15 is formed on the ferromagnetic layer 14 which will serve as the memory layer of the laminated MTJ element 1. The ferromagnetic layer which will serve as the memory layer is constituted of a closed magnetic path.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magnetic tunnel junction component characterized by being the magnetic tunnel junction component which carries out the laminating of the 1st magnetic layer, the 1st insulating layer, the 2nd magnetic layer, the 2nd insulating layer, and the 3rd magnetic layer at least, having prepared the 4th magnetic layer in either said 1st insulation regular placing layer side of said 2nd magnetic layer, or said 2nd insulation regular placing layer side, and constituting a closed magnetic circuit by said 2nd magnetic layer and 4th magnetic layer.

[Claim 2] The magnetic tunnel junction component according to claim 1 characterized by carrying out the laminating of the 2nd antiferromagnetism layer which carries out the laminating of the 1st antiferromagnetism layer which carries out switched connection to said 1st magnetic layer, and carries out switched connection to said 3rd magnetic layer.

[Claim 3] The magnetic tunnel junction component according to claim 2 characterized by the temperature to which the switched connection of said 1st antiferromagnetism layer and said 1st magnetic layer disappears differing from the temperature to which the switched connection of said 2nd antiferromagnetism layer and said 3rd magnetic layer disappears.

[Claim 4] The magnetic tunnel junction component according to claim 1 or 2 characterized by constituting either said 1st magnetic layer or the 2nd magnetic layer from two or more ferromagnetic layers which carry out antiferromagnetism association through a metal layer at least.

[Claim 5] Said 4th magnetic layer is a magnetic tunnel junction component according to claim 1 to 4 characterized by joining to said 2nd magnetic layer through direct or the 5th magnetic layer in both ends while estranging a center section.

[Claim 6] alienation of said two magnetic layers and 4th magnetic layer -- the magnetic tunnel junction component according to claim 5 characterized by preparing at least one lead wire in the section.

[Claim 7] Magnetic memory which carries out the laminating of the 1st magnetic layer, the 1st insulating layer, the 2nd magnetic layer, the 2nd insulating layer, and the 3rd magnetic layer at least, and is characterized by using the magnetic tunnel junction component which prepared the 4th magnetic layer in either said 1st insulation regular placing layer side of said 2nd magnetic layer, or said 2nd insulation regular placing layer side, and constituted the closed magnetic circuit by said 2nd magnetic layer and 4th magnetic layer.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic memory which used a magnetic tunnel junction component and it.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, since a big output is obtained compared with a conventional anisotropy magneto-resistive effect (AMR) component and a conventional giant magneto-resistance (GMR) component, the magnetic tunnel junction (MTJ) component is considered in the application to the reproducing head for HDD (hard disk drive), or magnetic memory.

[0003] Although especially magnetic memory is solid-state memory which does not have the operation section as well as semiconductor memory, even if the radiation whose count of a repeat which does not lose information even if a power source is severed is an infinity time carries out incidence of it, it is useful that there is no danger that the contents of record will disappear etc. as compared with semiconductor memory.

[0004] When the application to such the magnetic head or magnetic memory is considered, high resistance rate of change becomes important. Since the improvement of the resistance rate of change from a viewpoint like an ingredient is restricted to such a request, improvement in the output voltage by the film configuration is considered.

[0005] For example, in the publication-number No. 163436 [11 to] official report, the increment in output voltage is realized by carrying out the laminating of two or more MTJ components.

[0006] As a configuration of the conventional MTJ component, what was indicated by the publication-number No. 163436 [11 to] official report is shown in drawing 7 .

[0007] In drawing 7 , a MTJ component carries out the laminating of the 1st ferromagnetic layer 51, the 1st insulating layer 52, the 2nd ferromagnetic layer 53, the 2nd insulating layer 54, and the 3rd ferromagnetic layer 55. Although application to the magnetic head is made into the key objective here, applying to magnetic memory is also possible.

[0008] What is necessary is for each magnetization of the ferromagnetic layer 51, the ferromagnetic layer 53, and the ferromagnetic layer 55 to be in a film surface, and just to have effectual uniaxial magnetic anisotropy so that it may become parallel or anti-parallel when using the MTJ component of the structure of drawing 7 for magnetic memory.

[0009] It is substantially fixed to an one direction by switched connection with an antiferromagnetism layer etc., and magnetization of the ferromagnetic layer 51 and the ferromagnetic layer 55 holds storage in the direction of magnetization of the ferromagnetic layer 53. It reads, when magnetization of the ferromagnetic layer 54 used as a memory layer detects that resistance of a MTJ component differs by parallel or anti-parallel. With the structure shown in drawing 5 , the output of abbreviation two times can be obtained from the magnetic tunnel junction section being connected to 2 serials as compared with the conventional MTJ component which has the single magnetic tunnel junction section.

[0010] Moreover, writing is realized by changing the sense of magnetization of the ferromagnetic layer

53 using the field which the current line arranged near the MTJ component generates.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the MTJ component of the above-mentioned structure, since magnetization of the ferromagnetic layer 51, the ferromagnetic layer 53, and the ferromagnetic layer 55 is field inboard, a magnetic pole is generated in both ends. Although it is necessary to make a MTJ component detailed to attain densification of magnetic memory, the effect of an anti-field by the magnetic pole of both ends becomes large with detailed-izing of a component.

[0012] When the ferromagnetic layers 51 and 55 are carrying out switched connection to the antiferromagnetism layer, there is little above-mentioned effect of an anti-field. Moreover, the magnetic pole generated at the edge can be substantially made into zero by constituting the ferromagnetic layers 51 and 55 from two ferromagnetic layers which carry out antiferromagnetism association.

[0013] However, since the technique same about the ferromagnetic layer 53 used as a memory layer cannot be taken, a pattern takes for making it detailed, it becomes unstable under the effect of an edge magnetic pole magnetizing it, and maintenance of storage becomes difficult.

[0014] In order to solve the above-mentioned technical problem, even if a pattern makes this invention detailed, it aims at offering the magnetic tunnel junction component to which the magnetization condition recorded on the memory layer can exist in stability, and the magnetic memory using it.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The magnetic tunnel junction component of this invention is a magnetic tunnel junction component which carries out the laminating of the 1st magnetic layer, the 1st insulating layer, the 2nd magnetic layer, the 2nd insulating layer, and the 3rd magnetic layer at least, prepares the 4th magnetic layer in either said 1st insulation regular placing layer side of said 2nd magnetic layer, or said 2nd insulation regular placing layer side, and is characterized by constituting a closed magnetic circuit by said 2nd magnetic layer and 4th magnetic layer.

[0016] Furthermore, it is characterized by carrying out the laminating of the 2nd antiferromagnetism layer which carries out the laminating of the 1st antiferromagnetism layer which carries out switched connection to said 1st magnetic layer, and carries out switched connection to said 3rd magnetic layer.

[0017] Furthermore, it is characterized by the temperature to which the switched connection of said 1st antiferromagnetism layer and said 1st magnetic layer disappears differing from the temperature to which the switched connection of said 2nd antiferromagnetism layer and said 3rd magnetic layer disappears.

[0018] Moreover, it is characterized by constituting either said 1st magnetic layer or the 2nd magnetic layer from two or more ferromagnetic layers which carry out antiferromagnetism association through a metal layer at least.

[0019] Moreover, said 4th magnetic layer is characterized by joining to said 2nd magnetic layer through direct or the 5th magnetic layer in both ends while it estranges a center section.

[0020] furthermore, alienation of said two magnetic layers and 4th magnetic layer -- it is characterized by preparing at least one lead wire in the section.

[0021] Moreover, the magnetic memory of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer, the 1st insulating layer, the 2nd magnetic layer, the 2nd insulating layer, and the 3rd magnetic layer at least, prepares the 4th magnetic layer in either said 1st insulation regular placing layer side of said 2nd magnetic layer, or said 2nd insulation regular placing layer side, and is characterized by using the magnetic tunnel junction component which constituted the closed magnetic circuit by said 2nd magnetic layer and 4th magnetic layer.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained using drawing 6 from drawing 1.

[0023] The configuration of the MTJ component of an example 1 is shown in [example 1] drawing 1.

[0024] The MTJ component 1 consists of the antiferromagnetism layer 11, the ferromagnetic layer 12, an insulating layer 13, the ferromagnetic layer 14, the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15, an insulating layer 16, a ferromagnetic layer 17, and an antiferromagnetism layer 18 in drawing 1. It joined directly at both ends and the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 are estranged in the center section.

[0025] As shown in drawing 1 , by carrying out the laminating of the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15, magnetization with the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 comes to constitute a closed loop, and it can avoid that a magnetic pole is generated at the edge of the ferromagnetic layer 14 by this.

[0026] Moreover, switched connection of the antiferromagnetism layer 11, the ferromagnetic layer 12 and the antiferromagnetism layer 18, and the ferromagnetic layer 17 is carried out, respectively, and the ferromagnetic layer 12 and the sense of magnetization of 17 are being fixed.

[0027] As an ingredient of the ferromagnetic layers 12, 14, and 17 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15, Fe, Co, nickel, or these alloys can be used. Moreover, alloys, such as FeMn, NiMn, PtMn, and IrMn, can be used as an ingredient of the antiferromagnetism layers 11 and 18.

[0028] Although the point of resistance rate of change to 2Oaluminum3 film is desirable as insulating layers 13 and 16, insulator layers, such as other oxide films and a nitride, can also be used. Moreover, the insulator layer which has covalent bond, such as Si film, diamond film, and diamond-like carbon (DLC) film, can also be used.

[0029] the magnetization direction of the magnetization direction of a closed loop and the ferromagnetic layers 12 and 17 which, as for the MTJ component 1, hold storage in the magnetization direction of the closed loop which the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 make, and the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 make -- parallel -- or -- anti- -- a storage condition is read by the resistance change by becoming parallel.

[0030] Thus, since storage is held in the magnetization direction of the closed loop which the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 make, magnetization of the ferromagnetic layers 12 and 17 must be mutually fixed to hard flow by switched connection with the antiferromagnetism layers 11 and 18.

[0031] Arrangement of such magnetization is realized by using for the antiferromagnetism layers 11 and 18 the ingredient with which the temperature (blocking temperature) T_b to which a switched connection field disappears differs.

[0032] For example, the example which used the PtMn film for the antiferromagnetism layer 11, and used the IrMn film for the antiferromagnetism layer 18 explains. PtMn is the antiferromagnetic substance with an AuCuI type rule phase, and the T_{b1} is 380 degrees C. On the other hand, IrMn is the antiferromagnetic substance with face centered cubic structure, and the T_{b2} is 270 degrees C.

[0033] First, heat treatment of 6 hours is performed at 250 degrees C, impressing a field in the direction which exists in order to make the antiferromagnetism layer 11 which consists of PtMn film after forming all layers (11-18) regulation-ize in the same vacuum. Thereby, the PtMn film (antiferromagnetism layer 11) is regulation-ized, and the spin is arranged in process of cooling, being influenced by the ferromagnetic layer 12 which turned to the direction of an impression field of magnetization. The ferromagnetic layer 11 is fixed in the direction of an impression field by the switched connection generated as a result.

[0034] Next, it heats to one or less T_b and two or more T_b temperature, and it cools with the beginning, impressing a field towards reverse (180 degrees). Thereby, the rearrangement of the spin of the antiferromagnetism layer 18 which consists of IrMn film is carried out in process of cooling, being influenced by the ferromagnetic layer 17 which turned to adjoining hard flow of magnetization, and magnetization of the ferromagnetic layer 17 which adjoins as a result is fixed in the direction of anti-parallel with the first heat treatment.

[0035] Since the magnetization direction of the antiferromagnetism layer 11 and the ferromagnetic layer 12 which consists of PtMn film at this time is one or less T_b , the direction of [after the first heat treatment] is maintained without being influenced. Consequently, the magnetization direction of the ferromagnetic layer 12 and the ferromagnetic layer 17 serves as anti-parallel.

[0036] In addition, the ingredient of an antiferromagnetism layer and the orientation approaches of magnetization should just be two antiferromagnetism layers from which it is not limited above and T_b differs. Moreover, it is realizable also by controlling the direction of a field at the time of membrane

formation, or combining these in addition to the approach of heat-treating in a field also as the orientation approach of magnetization, etc. Moreover, when using the irregular alloy film for an antiferromagnetism layer, it is clear that heat treatment for regulation-izing like [in the case of the ordered alloy film] is unnecessary.

[0037] As for the thickness of the ferromagnetic layers 12, 14, and 17 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15, it is desirable that it is 10A or more. When this has too thin thickness, it is for superparamagnetism-izing under the effect of heat energy.

[0038] Moreover, as for said insulating layers 13 and 16, it is desirable that it is [3A or more] 30A or less. When the thickness of insulating layers 13 and 16 is 3A or less, the ferromagnetic layer 12, the ferromagnetic layer 14 or the closed magnetic circuit layer 15, and the ferromagnetic layer 17 may short-circuit electrically, and this is because an electronic tunnel cannot occur easily and a magnetic-reluctance ratio becomes small, when the thickness of insulating layers 13 and 16 is 30A or more.

[0039] Furthermore, a magnetic pole can be prevented from being effectually generated at the edge by constituting the ferromagnetic layer 12 or the ferromagnetic layer 17 from two ferromagnetic layers. Moreover, it is also possible to make it a magnetic pole not arise effectually at the edge by adjusting the thickness of the ferromagnetic layer to constitute, even if it is three or more layers.

[0040] Moreover, as a MTJ component of this invention, as shown in drawing 2 R> 2 and drawing 3 , it can join through the ferromagnetic layer 19 and 19' at both ends, and the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 can also be made into the structure where it has estranged, in the center section.

[0041] Next, the schematic diagram at the time of using the MTJ component 1 of this invention for the magnetic memory 3 in which random access is possible is shown in drawing 4 .

[0042] The transistor 31 has the role which reads and sometimes chooses the MTJ component 1. "0" or "1" information is recorded by the magnetization direction of the ferromagnetic layer 14 of the MTJ component 1 shown in drawing 1 , and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15, and the magnetization direction of the ferromagnetic layer 12 and the ferromagnetic layer 17 is being fixed. When magnetization of parallel and the ferromagnetic layer 17, and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 has parallel magnetization of the ferromagnetic layer 12 and the ferromagnetic layer 14, resistance is low, and when it is anti-parallel, resistance reads information using the magneto-resistive effect which becomes high. On the other hand, writing is realized by reversing the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 by the synthetic field which a bit line 32 and a word line 33 form. In addition, 34 is a plate line.

[0043] The example of arrangement of a bit line 32 and a word line 33 is shown in drawing 5 .

[0044] drawing 5 -- setting -- the center of the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 -- alienation -- by making circles penetrate a bit line 32 and a word line 33, the current value taken to reverse the sense of magnetization of the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15 becomes small, and the power consumption of magnetic memory can be reduced.

[0045] Moreover, the bit line 32 and the word line 33 are both electrically insulated from the ferromagnetic layer 14 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 15.

[0046] In addition, it is also possible for it not to be restricted to drawing 5 and to form a bit line and a word line on the same flat surface as arrangement of a bit line and a word line. Or it is also possible to prepare both or one of wiring near the exterior of a MTJ component, and a process becomes easy again.

[0047] [Example 2] drawing 6 shows the configuration of the MTJ component of an example 2.

[0048] The MTJ component 2 consists of the antiferromagnetism layer 21, the ferromagnetic layer 22, an insulating layer 23, the ferromagnetic layer 24, the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25, an insulating layer 26, a ferromagnetic layer 27, and an antiferromagnetism layer 28 in drawing 6 . It joined directly at both ends and the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25 are estranged in the center section.

[0049] As shown in drawing 6 , by carrying out the laminating of the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25, magnetization with the ferromagnetic layer 24

and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25 comes to constitute a closed loop, and it can avoid that a magnetic pole is generated at the edge of the ferromagnetic layer 24 by this.

[0050] Unlike the MTJ component 1 of an example 1, the ferromagnetic layer 22 consists of 2 ferromagnetism layers 22a and 22c which carry out antiferromagnetism association through metal layer 22b, and ferromagnetic layer 22c is carrying out switched connection of the MTJ component 2 of an example 2 to the antiferromagnetism layer 21. Moreover, switched connection of the antiferromagnetism layer 28 and the ferromagnetic layer 27 is carried out like the example 1.

[0051] That is, since ferromagnetic layer 22a is carrying out antiferromagnetism association through metal layer 22b further by fixing magnetization by switched connection with the antiferromagnetism layer 21 by fixing magnetization by switched connection with the antiferromagnetism layer 28 by the fixed bed, as for ferromagnetic layer 22c, as for the ferromagnetic layer 27, magnetization is being fixed to hard flow, as for ferromagnetic layer 22c.

[0052] the magnetization direction of the magnetization direction of a closed loop and the ferromagnetic layers 22a and 27 which, as for the MTJ component 2, hold storage in the magnetization direction of the closed loop which the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25 make, and the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25 make -- parallel -- or -- anti- -- a storage condition is read by the resistance change by becoming parallel.

[0053] thus, the magnetization direction of the magnetization direction of a closed loop and the ferromagnetic layers 22a and 27 which the ferromagnetic layer 24 and the closed magnetic circuit layer (ferromagnetic layer) 25 make -- parallel -- or -- anti- -- in order to read a storage condition by the resistance change by becoming parallel, the magnetization direction of ferromagnetic layer 22c must be fixed in the same direction as the ferromagnetic layer 27.

[0054] Therefore, according to this example 2, it becomes possible to fix the magnetization direction of the ferromagnetic layer 22 and the ferromagnetic layer 27 in one processing or the same direction of a field, and processing can be simplified compared with an example 1.

[0055] In this example 2, although the ferromagnetic layer 22 was constituted from ferromagnetic layer two-layer and the ferromagnetic layer 27 was constituted from a monolayer, if the number of layers of a ferromagnetic layer is made for one layers to differ in two layers used as the fixed bed, the same effectiveness can be acquired.

[0056] Moreover, in this example 2, the same antiferromagnetism ingredient as the antiferromagnetism layer 21 and the antiferromagnetism layer 28 can also be used.

[0057] Moreover, in this example 2, like an example 1 (drawing 2 and drawing 3), it can join through other ferromagnetic layers at both ends, and the ferromagnetic layer 14 and the ferromagnetic layer 15 can also be made into the structure where it has estranged, in the center section.

[0058] In addition, the MTJ component 2 can be used for magnetic memory as well as the MTJ component 1.

[0059] In the above-mentioned examples 1 and 2, although only the MTJ component part was shown, it is clear that an electrode, a substrate, a protective layer, an adhesion layer, etc. for current supply sources are needed in actual component formation.

[0060]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the magnetization condition stabilized even if the pattern was made detailed since it had a high output and the effect of an edge magnetic pole was reduced can be held, and since the ferromagnetic layer used as a memory layer takes closed magnetic circuit structure, it serves as stability to an external leakage field.

[0061] Moreover, since it has a high output and the effect of an edge magnetic pole can be reduced, by the ability holding the magnetization condition stabilized even if the pattern was made detailed, magnetic memory of a higher degree of integration can be realized, and the power consumption of magnetic memory can be reduced.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the example of a configuration in the example 1 of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing other examples of a configuration in the example 1 of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing other examples of a configuration in the example 1 of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the example of a configuration of the magnetic memory using the MTJ component of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the example of arrangement of the word line and bit line of the magnetic memory using the MTJ component of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the example of a configuration in the example 2 of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the example of a configuration of the conventional MTJ component.

[Description of Notations]

1 Two : MTJ component

3: Magnetic memory

11, 18, 21, 28, 41, 48: Antiferromagnetism layer

12, 14, 17, 22, 22a, 22c, 24, 27, 42, 44, 47, 51, 53, 55: A ferromagnetic layer

13, 16, 23, 26, 43, 46, 52, 54: Insulating layer

22b: Metal layer

15, 25, 45: Closed magnetic circuit layer

31: Transistor

32: Bit line

33: Word line

34: Plate line

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-230468

(P2001-230468A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	
G 1 1 C 11/15		G 1 1 C 11/15	

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-39167 (P2000-39167)

(22) 出願日 平成12年2月17日 (2000.2.17)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 道嶋 正司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 林 秀和

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100102277

弁理士 佐々木 晴康 (外2名)

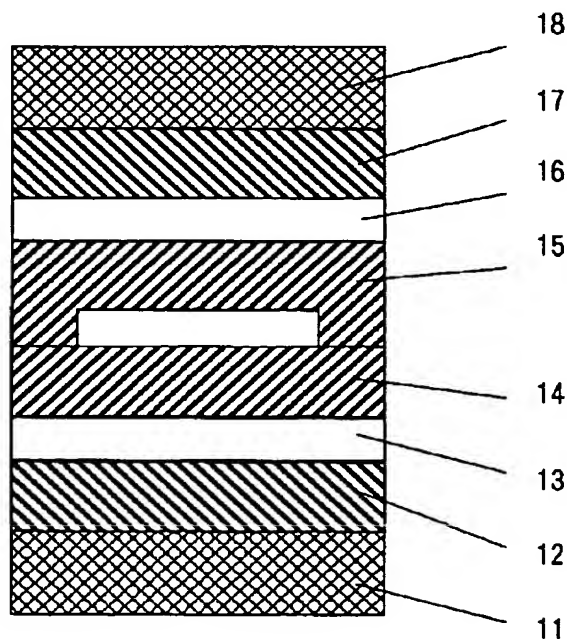
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気トンネル接合素子及びそれを用いた磁気メモリ

(57) 【要約】

【課題】 従来の積層して高感度化を図った磁気トンネル接合 (MTJ) 素子ではメモリ層となる強磁性層の磁化が面内方向であるため、素子の微細化にともない両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなり、メモリ層の磁化が不安定になる。

【解決手段】 積層したMTJ素子1のメモリ層となる強磁性層14の上に閉磁路層15を設け、メモリ層となる強磁性層を閉磁路で構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも第1磁性層、第1絶縁層、第2磁性層、第2絶縁層、第3磁性層を積層する磁気トンネル接合素子であって、

前記第2磁性層の前記第1絶縁層積層側または前記第2絶縁層積層側のいずれかに第4磁性層を設け、前記第2磁性層及び第4磁性層により閉磁路を構成したことを特徴とする磁気トンネル接合素子。

【請求項2】 前記第1磁性層に交換結合する第1反強磁性層を積層し、前記第3磁性層に交換結合する第2反強磁性層を積層したことを特徴とする請求項1記載の磁気トンネル接合素子。

【請求項3】 前記第1反強磁性層と前記第1磁性層の交換結合の消失する温度と、前記第2反強磁性層と前記第3磁性層の交換結合の消失する温度が異なることを特徴とする請求項2記載の磁気トンネル接合素子。

【請求項4】 少なくとも前記第1磁性層または第2磁性層のいずれかを、金属層を介して反強磁性結合する2つ以上の強磁性層で構成したことを特徴とする請求項1または2記載の磁気トンネル接合素子。

【請求項5】 前記第4磁性層は、中央部を離間するとともに、両端において直接又は第5磁性層を介して、前記第2磁性層と接合することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の磁気トンネル接合素子。

【請求項6】 前記2磁性層と第4磁性層の離間部に少なくとも1つのリード線を設けたことを特徴とする請求項5記載の磁気トンネル接合素子。

【請求項7】 少なくとも第1磁性層、第1絶縁層、第2磁性層、第2絶縁層、第3磁性層を積層し、前記第2磁性層の前記第1絶縁層積層側または前記第2絶縁層積層側のいずれかに第4磁性層を設け、前記第2磁性層及び第4磁性層により閉磁路を構成した磁気トンネル接合素子を用いたことを特徴とする磁気メモリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気トンネル接合素子及びそれを用いた磁気メモリに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気トンネル接合(MTJ)素子は、従来の異方性磁気抵抗効果(AMR)素子や巨大磁気抵抗効果(GMR)素子に比べて大きな出力が得られることから、HDD(ハード・ディスク・ドライブ)用再生ヘッドや磁気メモリへの応用が考えられている。

【0003】特に、磁気メモリは、半導体メモリと同じく稼働部の無い固体メモリであるが、電源が断たれても情報を失わない、繰り返し回数が無限回である、放射線が入射しても記録内容が消失する危険性が無い等、半導体メモリと比較して有用である。

【0004】このような磁気ヘッドや磁気メモリへの応用を考えた場合、高い抵抗変化率が重要となる。このよ

うな要請に対し、材料的な観点からの抵抗変化率の改善は限られていることから、膜構成による出力電圧の向上が考えられている。

【0005】例えば、特開平11-163436号公報では複数のMTJ素子を積層することにより、出力電圧の増加を実現している。

【0006】従来のMTJ素子の構成として、特開平11-163436号公報に記載されたものを図7に示す。

【0007】図7において、MTJ素子は、第1の強磁性層51、第1の絶縁層52、第2の強磁性層53、第2の絶縁層54、第3の強磁性層55を積層したものである。ここでは磁気ヘッドへの応用を主目的としているが、磁気メモリへ応用することも可能である。

【0008】図7の構造のMTJ素子を磁気メモリに使用する場合は、強磁性層51、強磁性層53及び強磁性層55の磁化がいずれも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有していればよい。

【0009】強磁性層51及び強磁性層55の磁化は反強磁性層との交換結合などにより実質的に一方向に固定され、強磁性層53の磁化の方向で記憶を保持する。メモリ層となる強磁性層54の磁化が平行もしくは反平行でMTJ素子の抵抗が異なることを検出することにより読み出しを行う。図5に示す構造では、磁気トンネル接合部が二つ直列に接続されていることから、単一の磁気トンネル接合部を有する従来のMTJ素子に比して略二倍の出力を得ることができる。

【0010】また、書込みはMTJ素子の近傍に配置した電流線が発生する磁界を利用して強磁性層53の磁化の向きを変えることで実現される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記構造のMTJ素子では強磁性層51、強磁性層53及び強磁性層55の磁化が面内方向であるため、両端部には磁極が発生する。磁気メモリの高密度化を図るにはMTJ素子を微細化する必要があるが、素子の微細化にともない両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる。

【0012】強磁性層51及び55が反強磁性層と交換結合している場合には、上記の反磁界の影響は少ない。また、強磁性層51及び55を反強磁性結合する二つの強磁性層で構成することにより、端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。

【0013】しかしながら、メモリ層となる強磁性層53については同様の手法を取ることができないことから、パターンが微細化するに連れて端部磁極の影響により磁化が不安定となり、記憶の保持が困難となる。

【0014】本発明は上記課題を解決するために、パターンが微細化してもメモリ層に記録された磁化状態が安定に存在することのできる磁気トンネル接合素子及びそ

れを用いた磁気メモリを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気トンネル接合素子は、少なくとも第1磁性層、第1絶縁層、第2磁性層、第2絶縁層、第3磁性層を積層する磁気トンネル接合素子であって、前記第2磁性層の前記第1絶縁層積層側または前記第2絶縁層積層側のいずれかに第4磁性層を設け、前記第2磁性層及び第4磁性層により閉磁路を構成したことを特徴とする。

【0016】さらに、前記第1磁性層に交換結合する第1反強磁性層を積層し、前記第3磁性層に交換結合する第2反強磁性層を積層したことを特徴とする。

【0017】さらに、前記第1反強磁性層と前記第1磁性層の交換結合の消失する温度と、前記第2反強磁性層と前記第3磁性層の交換結合の消失する温度が異なることを特徴とする。

【0018】また、少なくとも前記第1磁性層または第2磁性層のいずれかを、金属層を介して反強磁性結合する2つ以上の強磁性層で構成したことを特徴とする。

【0019】また、前記第4磁性層は、中央部を離間するとともに、両端において直接又は第5磁性層を介して、前記第2磁性層と接合することを特徴とする。

【0020】さらに、前記第2磁性層と第4磁性層の離間部に少なくとも1つのリード線を設けたことを特徴とする。

【0021】また、本発明の磁気メモリは、少なくとも第1磁性層、第1絶縁層、第2磁性層、第2絶縁層、第3磁性層を積層し、前記第2磁性層の前記第1絶縁層積層側または前記第2絶縁層積層側のいずれかに第4磁性層を設け、前記第2磁性層及び第4磁性層により閉磁路を構成した磁気トンネル接合素子を用いたことを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明について、図1から図6を用いて説明する。

【0023】【実施例1】図1に実施例1のMTJ素子の構成を示す。

【0024】図1において、MTJ素子1は、反強磁性層11、強磁性層12、絶縁層13、強磁性層14、閉磁路層（強磁性層）15、絶縁層16、強磁性層17、反強磁性層18からなる。強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15は両端部で直接接合し、中央部では離間している。

【0025】図1に示すように、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15を積層することにより、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15との磁化は閉ループを構成するようになり、これにより強磁性層14の端部に磁極が発生することを回避することができる。

【0026】また、反強磁性層11と強磁性層12、反強磁性層18と強磁性層17はそれぞれ交換結合し、強

磁性層12、17の磁化の向きは固定されている。

【0027】強磁性層12、14、17及び閉磁路層（強磁性層）15の材料としては、Fe、Co、Ni或はこれらの合金を用いることができる。また、反強磁性層11、18の材料としては、FeMn、NiMn、PtMn、IrMn等の合金を用いることができる。

【0028】絶縁層13、16としては抵抗変化率の点からAl₂O₃膜が望ましいが、その他の酸化膜、窒化膜等の絶縁膜も使用できる。また、Si膜、ダイヤモンド膜、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜等の共有結合を有する絶縁膜も使用できる。

【0029】MTJ素子1は、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15が作る閉ループの磁化方向で記憶を保持しており、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15が作る閉ループの磁化方向と強磁性層12、17との磁化方向が平行もしくは反平行となることによる抵抗変化で記憶状態を読み出す。

【0030】このように、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15が作る閉ループの磁化方向で記憶を保持していることから、強磁性層12、17の磁化は反強磁性層11、18との交換結合で互いに逆方向に固定されていなければならない。

【0031】このような磁化の配置は、反強磁性層11、18に交換結合磁界の消失する温度（ブロッキング温度）T_bが異なる材料を用いることで実現される。

【0032】例えば、反強磁性層11にPtMn膜を用い、反強磁性層18にIrMn膜を用いた例で説明する。PtMnはAuCuI型の規則相をもつ反強磁性体であり、そのT_b1は380℃である。一方、IrMnは面心立方構造をもつ反強磁性体であり、そのT_b2は270℃である。

【0033】まず、同一真空中で全ての層（11～18）を形成後に、PtMn膜からなる反強磁性層11を規則化させるためにある方向に磁界を印加しながら250℃で6時間の熱処理を行う。これにより、PtMn膜（反強磁性層11）は規則化し、そのスピンは印加磁界方向を向いた強磁性層12の磁化の影響を受けながら冷却の過程で配列する。その結果発生する交換結合により、強磁性層11は印加磁界方向に固定される。

【0034】次に、T_b1以下かつT_b2以上の温度まで加熱し、最初とは逆（180°）の方向に磁界を印加しながら冷却する。これにより、IrMn膜からなる反強磁性層18のスピンは隣接する逆方向を向いた強磁性層17の磁化の影響を受けながら冷却の過程で再配列し、その結果隣接する強磁性層17の磁化は最初の熱処理とは反平行の方向に固定される。

【0035】この時、PtMn膜からなる反強磁性層11と強磁性層12の磁化方向は、T_b1以下であるために、影響を受けずにはじめの熱処理後の方向が維持される。その結果、強磁性層12と強磁性層17の磁化方向

は反平行となる。

【0036】なお、反強磁性層の材料及び磁化の配向方法は、上記に限定されるものではなく、 T_b が異なる2つの反強磁性層であればよい。また、磁化の配向方法としても磁界中で熱処理する方法以外に、成膜時の磁界方向を制御する、或いはこれらを組み合わせる等の方法でも実現できる。また、反強磁性層に不規則合金膜を使用する場合には、規則合金膜の場合のような規則化のための熱処理が必要ないことは明らかである。

【0037】強磁性層12、14、17及び閉磁路層（強磁性層）15の膜厚は、10Å以上であることが望ましい。これは膜厚が薄すぎると熱エネルギーの影響で超常磁性化するためである。

【0038】また、前記絶縁層13、16は3Å以上30Å以下であることが望ましい。これは、絶縁層13、16の膜厚が3Å以下である場合、強磁性層12と強磁性層14又は閉磁路層15と強磁性層17が電氣的にショートする可能性があり、絶縁層13、16の膜厚が30Å以上である場合、電子のトンネルが起きにくく、磁気抵抗比が小さくなってしまいうからである。

【0039】さらに、強磁性層12又は強磁性層17を2つの強磁性層で構成することにより、端部に実効的に磁極が生じないようにすることができる。また、3層以上であっても、構成する強磁性層の膜厚を調整することで端部に実効的に磁極が生じないようにすることも可能である。

【0040】また、本発明のMTJ素子としては、図2、図3に示すように、強磁性層14と閉磁路層（強磁性層）15を両端部で強磁性層19、19'を介して接合し、中央部では離間している構造にすることもでき

る。

【0041】次に、本発明のMTJ素子1をランダムアクセス可能な磁気メモリ3に用いた場合の概略図を図4に示す。

【0042】トランジスタ31は読み出し時にMTJ素子1を選択する役割を有している。“0”、“1”の情報は図1に示すMTJ素子1の強磁性層14及び閉磁路層（強磁性層）15の磁化方向によって記録されており、強磁性層12及び強磁性層17の磁化方向は固定されている。強磁性層12と強磁性層14の磁化が平行及び強磁性層17と閉磁路層（強磁性層）15の磁化が平行の時は抵抗値が低く、反平行の時は抵抗値が高くなる磁気抵抗効果を利用して情報を読み出す。一方、書込みは、ビット線32とワード線33が形成する合成磁界によって強磁性層14及び閉磁路層（強磁性層）15の磁化の向きを反転することで実現される。なお、34はプレートラインである。

【0043】図5にビット線32とワード線33の配置の例を示す。

【0044】図5において、強磁性層14と閉磁路層

（強磁性層）15の中央離間部内にビット線32とワード線33を貫通させることにより、強磁性層14及び閉磁路層（強磁性層）15の磁化の向きを反転するのに要する電流値が小さくなり、磁気メモリの消費電力を低減することができる。

【0045】また、ビット線32とワード線33はともに強磁性層14及び閉磁路層（強磁性層）15から電氣的に絶縁されている。

【0046】なお、ビット線及びワード線の配置としては、図5に制限されることはなく、ビット線とワード線を同一平面上に設けることも可能である。或いはまた、両方もしくはどちらか一方の配線をMTJ素子の外部近傍に設けることも可能であり、プロセスが簡単になる。

【0047】〔実施例2〕図6は実施例2のMTJ素子の構成を示す。

【0048】図6において、MTJ素子2は、反強磁性層21、強磁性層22、絶縁層23、強磁性層24、閉磁路層（強磁性層）25、絶縁層26、強磁性層27、反強磁性層28からなる。強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25は両端部で直接接合し、中央部では離間している。

【0049】図6に示すように、強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25を積層することにより、強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25との磁化は閉ループを構成するようになり、これにより強磁性層24の端部に磁極が発生することを回避することができる。

【0050】実施例2のMTJ素子2は実施例1のMTJ素子1と異なり、強磁性層22が、金属層22bを介して反強磁性結合する2つ強磁性層22aと22cとからなり、強磁性層22cは反強磁性層21と交換結合している。また、実施例1同様に、反強磁性層28と強磁性層27とは交換結合している。

【0051】つまり、強磁性層27は固定層で反強磁性層28との交換結合で磁化が固定され、強磁性層22cは反強磁性層21との交換結合で磁化が固定され、更に強磁性層22aは金属層22bを介して反強磁性結合していることから、強磁性層22cとは逆方向に磁化が固定されている。

【0052】MTJ素子2は、強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25が作る閉ループの磁化方向で記憶を保持し、強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25が作る閉ループの磁化方向と強磁性層22a、27との磁化方向が平行もしくは反平行となることによる抵抗変化で記憶状態を読み出す。

【0053】このように、強磁性層24と閉磁路層（強磁性層）25が作る閉ループの磁化方向と強磁性層22a、27との磁化方向が平行もしくは反平行となることによる抵抗変化で記憶状態を読み出すためには、強磁性層22cの磁化方向は強磁性層27と同じ方向に固定されていなければならない。

10

20

30

40

50

【0054】従って、本実施例2によれば、一回の処理或いは同じ磁界方向で強磁性層22と強磁性層27の磁化方向を固定することが可能となり、実施例1に比べ、処理が簡略化できる。

【0055】本実施例2では、強磁性層22を強磁性層2層で、強磁性層27を単層で構成したが、固定層となる2つの層で強磁性層の層数を1層異なるようにすれば同じ効果を得ることができる。

【0056】また、本実施例2では反強磁性層21と反強磁性層28に同じ反強磁性材料を用いることもできる。

【0057】また、本実施例2では、実施例1（図2および図3）と同様に強磁性層14と強磁性層15を両端部で他の強磁性層を介して接合し、中央部では離間している構造にすることもできる。

【0058】なお、MTJ素子2はMTJ素子1同様に磁気メモリに用いることができる。

【0059】上述の実施例1および2においては、MTJ素子部分のみを示したが、実際の素子形成においては電流供給用の電極、基板、保護層及び密着層等が必要となることは明らかである。

【0060】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、高い出力を持ち、端部磁極の影響を低減できることから、パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができ、メモリ層となる強磁性層が閉磁路構造を取ることから、外部漏洩磁界に対して安定となる。

【0061】また、高い出力を持ち、端部磁極の影響を低減できることから、パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができることにより、より高*30

*い集積度の磁気メモリを実現することができ、磁気メモリの消費電力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における構成例を示す図である。

【図2】本発明の実施例1における他の構成例を示す図である。

【図3】本発明の実施例1における他の構成例を示す図である。

10 【図4】本発明のMTJ素子を用いた磁気メモリの構成例を示す図である。

【図5】本発明のMTJ素子を用いた磁気メモリのワード線とビット線の配置例を示す図である。

【図6】本発明の実施例2における構成例を示す図である。

【図7】従来のMTJ素子の構成例を示す図である。

【符号の説明】

1、2： MTJ素子

3：磁気メモリ

20 11、18、21、28、41、48：反強磁性層

12、14、17、22、22a、22c、24、2

7、42、44、47、51、53、55：強磁性層

13、16、23、26、43、46、52、54：絶縁層

22b：金属層

15、25、45：閉磁路層

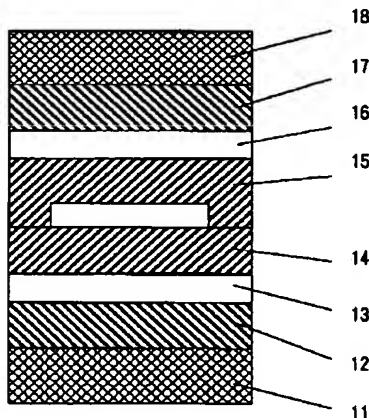
31：トランジスタ

32：ビット線

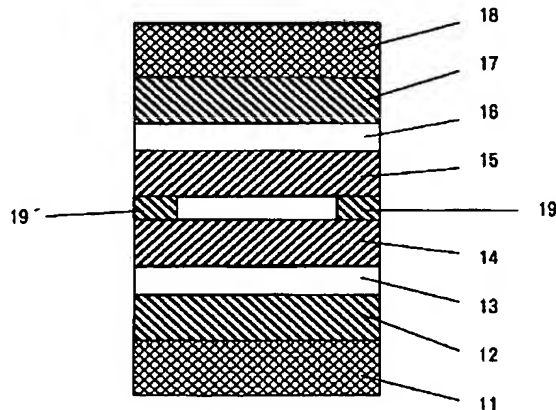
33：ワード線

34：プレートライン

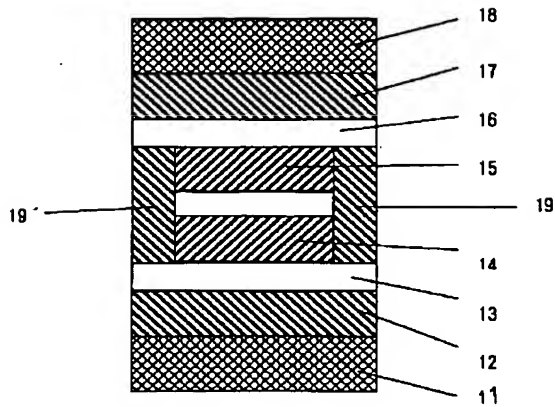
【図1】



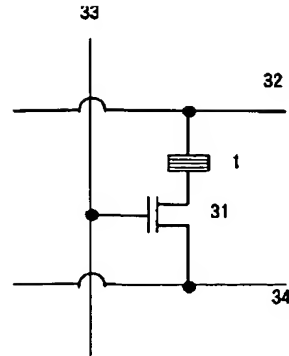
【図2】



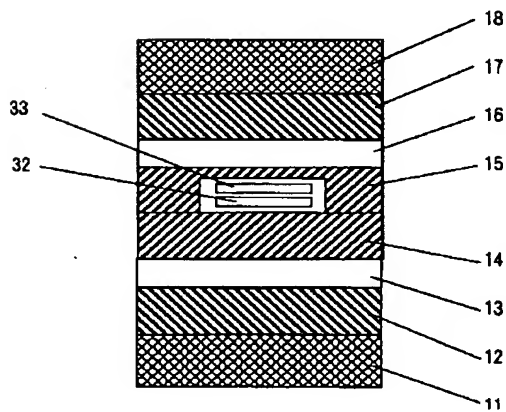
【図3】



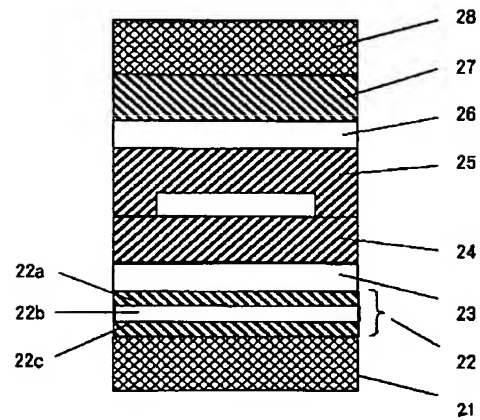
【図4】



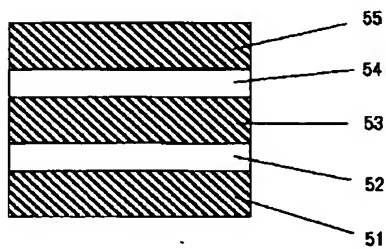
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 南方 量二
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA05 BA15 CA08